Entanglement e Teletrasporto Quantistico

Spunti di riflessione

Autore: Paolo Botton – *Responsabile scientifico*

Data: giovedì 28 gennaio 2011 ore 20:45

La comprensione della meccanica quantistica è qualcosa di sicuramente antiintuitivo, se non si ricorre ad un formalismo matematico; usando solo le parole, è necessario quello che i credenti definiscono *un atto di fede*. Sembra, infatti, incredibile che una minima azione su una particella abbia immediatamente effetto sulla particella gemella anche se questa è stata spedita ad una distanza arbitraria.
Questa proprietà, nota con il termine tecnico di **entanglement quantistico**, un intreccio tra particelle, sembra una caratteristica ineliminabile della meccanica quantistica.
Einstein, che sappiamo non essere un grande stimatore della meccanica quantistica, in collaborazione con i fisici Nathan Rosen e Boris Podolsky, ideò un esperimento mentale, pubblicato nel 1935, che fu poi definito Esperimento di Einstein-Podolsky-Rosen (EPR-Experiment).
In meccanica quantistica, secondo il famoso principio di indeterminazione di Heisenberg, è impossibile misurare con arbitraria precisione, a un dato istante, sia la posizione sia la velocità di una particella. Ma si supponga che una particella si disintegri in due particelle, e queste schizzino via in direzioni opposte a uguale velocità: se misuriamo la posizione di una delle due particelle e la velocità dell'altra, riusciremo, unendo le informazioni raccolte, a conoscere sia la velocità sia la posizione di ogni singola particella (in prole povere).
Due particelle opportunamente predisposte - *particelle entangled* - rimarrebbero soggette a una *correlazione a distanza* che agirebbe in maniera istantanea.
L'esperimento mentale lasciava aperte solo due possibilità: o esistono proprietà fisiche nascoste che eludono la descrizione della realtà fornita dalla meccanica quantistica (e allora questa teoria è incompleta) o si verificano effetti non locali che ci obbligano a rivedere radicalmente la nostra concezione dello spazio e del tempo.
Fu solo il fisico John Bell a dimostrare in maniera matematicamente rigorosa, sulla base di certe disuguaglianze, che la meccanica quantistica è incompatibile con l'ipotesi dell'esistenza di *variabili nascoste*.
Nei primi anni '80 il fisico francese Alain Aspect realizzò una serie di esperimenti che si rivelarono decisivi. Utilizzando atomi di calcio eccitati come sorgente di *fotoni entangled*, egli mostrò che la disuguaglianza di Bell viene violata, fornendo così un’inconfutabile prova sperimentale a sostegno del carattere non locale della meccanica quantistica.
Nel 1997 fu eseguita un'ulteriore versione dell'esperimento di Aspect in cui i rivelatori si trovavano a un distanza di 11 chilometri l'uno dall'altro.
A prima vista, le osservazioni sugli *stati entangled* ed il concetto di trasmissione istantanea sembrano in conflitto con i concetti della Relatività, secondo i quali le informazioni non possono essere trasmesse a velocità superiori a quella della luce.
In realtà, sebbene due particelle *entangled* interagiscono attraverso ampie distanze spaziali non fisicamente connesse, attraverso tali distanze non può essere veicolata alcuna *informazione utile* in modo istantaneo.
La più spettacolare applicazione del fenomeno dell'entanglement è il **teletrasporto quantistico** (quantum teleportation, quantum teleporting), una procedura che permette di trasferire lo stato fisico di una particella a un'altra particella, anche molto lontana dalla prima.
Il cambiamento di stato di una particella entangled ha sì immediato effetto sulla sua coniugata, ma il cambio di stato può essere evinto solo dopo che l'esperimento è stato eseguito e siano stati comparati i dati.
In termine *teleportation*, quindi, non deve trarre in inganno; con questa tecnica, in base alle odierne conoscenze, non si trasporta energia o materia e non è permessa neppure la comunicazione di un'informazione a velocità superiori a quella della luce (ossia istantaneamente) proprio grazie al fatto che si veicolano le informazioni specifiche, relative alla condotta e al risultato dell'esperimento, tramite un canale classico (ad esempio via cavo, o via radio).

Einstein coniò il termine "inquietante azione a distanza" per descrivere le situazioni in cui si manifesta il fenomeno del Quantum Entanglement.
Ciò che oggi pare impossibile, potrebbe diventare la norma, indipendentemente dal tempo che servirà. Nel settore della ricerca, infatti, siamo abituati ad osservare revisioni di teorie che sino a ieri sembravano incontrovertibili, quindi non si può escludere che gli studi teorici e le evidenze sperimentali possano riservare piacevoli sorprese.

Nel frattempo, questi sono i risultati reali:

Nel 1997 due gruppi di ricerca - uno diretto da Anton Zeilinger a Vienna, l'altro da Francesco De Martini a Roma - riuscirono a teletrasportare un singolo fotone.

Gli scienziati dell'Australia National University hanno sfruttato il fenomeno per "teletrasportare" la luce di un laser (sempre fotoni dunque) da una parte del laboratorio ad un'altra.

I ricercatori dei laboratori IBM si sono interessati, nello stesso periodo, al fenomeno, per trovare un metodo di trasmissione dei facsimili e per produrre computer quantistici in grado di operare a velocità ordini di grandezza superiori rispetto agli attuali elaboratori.
Sul loro sito si trovano anche speculazioni filosofiche sul teletrasporto.

C'è chi s'è chiesto se sarà possibile teletrasportare un oggetto fisico e magari un essere vivente.
Muovere fotoni dall'insignificante massa e dallo stato quantistico gestibile è una cosa, già ben più difficoltosa si presenta la gestione di un singolo atomo di idrogeno, salendo poi di complessità per una molecola o un virus.
Per teletrasportare un essere umano è necessario conoscere l'esatta posizione e movimento di ogni suo singolo atomo. Si stima che un corpo medio sia composto di circa 100.000 x 10^{24} atomi.
Per operare a livello quantistico su questa mole di dati, si stima che la nostra migliore tecnologia impiegherebbe circa cento milioni di volte l'età attuale dell'universo (stimato in 15 miliardi di anni).
Su queste premesse, il processo di teletrasporto ha il sapore dell'immortalità, se non fosse per il fatto - non trascurabile - che la disgregazione dell'originale, di questo sono certo, farà inevitabilmente sorgere questioni etiche.

Ricerca su internet, parole chiave:

- quantum teleporting,
- quantum teleportation,
- teletrasporto quantico,
- teletrasporto quantistico,
- quantum entanglement,
- entanglement,
- meccanica quantistica,
- EPR experiment